

Chemisches Signal mobilisiert

Werden Pflanzen von Schädlingen heimgesucht, geben sie flüchtige chemische Verbindungen in die Umwelt ab. In Laborexperimenten haben Wissenschaftler Hinweise dafür gefunden, dass diese Pflanzeninhaltsstoffe als eine Art „Hilferuf“ fungieren. Die chemische Duftspur lockt räuberische Insekten oder Parasiten an, die nun ihrerseits die Schädlinge befallen. **ANDRÉ KESSLER und IAN BALDWIN vom MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR CHEMISCHE ÖKOLOGIE in Jena sind der Frage nachgegangen, ob dieser Notruf tatsächlich auch im Freiland funktioniert.**

Pflanzen sind ihren Schädlingen – Krankheitserregern, pflanzenfressenden Insekten oder weidenden Säugern – nicht hilflos ausgeliefert. Als direkte Antwort auf eine Schädigung produzieren sie eine Reihe von chemischen Verbindungen. Diese Stoffe wirken auf Angreifer giftig, verzögern deren Wachstum oder machen die Pflanze ungenießbar. Die Reaktion der Pflanze wird als „direkte Abwehr“ bezeichnet. Viele dieser Substanzen sind hoch wirksam und dienen als Vorbilder bei der Entwicklung von Schädlingsbekämpfungsmitteln. Die „direkte Abwehr“ bringt für die Pflanze jedoch auch Probleme mit sich. So gelingt es pflanzenfressenden Insekten teilweise sehr schnell, sich an die chemischen Abwehrmechanismen anzupassen, indem sie sekundäre Pflanzenstoffe für ihre eigene Abwehr im Körper anreichern oder verarbeiten. Die Raupen des Amerikanischen Tabakschwärmers *Manduca sexta* haben sich beispielsweise biochemisch auf ihre toxische Wirtspflanze, die wilde Tabakart *Nicotiana sylvestris*, umgestellt: Zum einen sind ihre Nervenzellmembranen undurchlässig für das hochgiftige Nikotin, zum anderen wird das Gift extrem rasch aus ihrem Körper herausgeschleust. Für die Pflanze ist die Synthese und

Speicherung von Abwehrstoffen ein ressourcenintensives Geschäft – viele sekundäre Pflanzenstoffe verlangsamen die Entwicklung oder stören den Stoffwechsel der Pflanze.

Nun haben aber auch Pflanzenfresser Feinde und müssen sich mit Krankheitserregern, Räubern oder Parasiten auseinandersetzen. Pflanzen haben Mechanismen entwickelt, um diesen Einfluss auf die Pflanzenfresser deutlich zu erhöhen. Als Antwort auf Fraßschäden geben sie flüchtige Pflanzeninhaltsstoffe ab, die vor allem räuberische oder parasitäre Insekten anlocken. Die Duftstoffe wirken als eine Art „pflanzlicher Hilferuf“, indem sie den Insekten als Wegweiser zu ihrer Nahrung oder zu ihrem Wirt dienen. Im Freiland stehen die winzigen Parasiten und Räuber vor der schwierigen Aufgabe, ihre meist versteckten und ebenfalls kleine Beute in einem von vielen Pflanzen bedeckten und daher unübersichtlichen Terrain erst einmal zu finden. Die von den befallenen Pflanzen ausgesendete Duftfahne markiert den Weg zu ihren Peinigern und unterstützt somit deren Feinde beim Auffinden ihrer Beute. Die Forscher bezeichnen diesen Mechanismus als „indirekte Abwehr“. Erstmals beschrieben wurde das Phänomen im Jahr 1995 von US-Wis-

senschaftlern. Sie stellten fest, dass die Duftsignale geschädigter Maispflanzen parasitische Wespen anlocken, die auf diese Weise zielstrebig ihre Wirte, die Maisschädlinge, aufspüren. Die Wespen legen ihre Eier in den Raupen ab, und die frisch geschlüpften Wespenlarven fressen diese von innen her auf. Die Pflanze profitiert davon, wenn die Raupen sterben, bevor der von ihnen angerichtete Fraßschaden zu groß wird.

SPEICHELTEST FÜR RAUPEN

Die Forscher vermuten die chemischen Auslöser für diese oft sehr spezifische Reaktion der Pflanze im Speichel der Pflanzenfresser. Am Max-Planck-Institut für chemische Ökologie in Jena wurden entsprechende Stoffe aus dem Speichel von Larven des Tomatenschwärmers *Manduca quinquemaculata* isoliert. Es handelt sich dabei um so genannte Fettsäure-Aminosäure-Konjugate (FAC). Entfernt man sie aus dem Speichel, so reagiert die Pflanze nicht mehr mit der üblichen Abgabe bestimmter flüchtiger Pflanzeninhaltsstoffe. Die Wirksamkeit des Speichels lässt sich jedoch wieder herstellen, indem man die Fettsäure-Aminosäure-Konjugate erneut hinzufügt. Die Strukturen, über die be-

ABB.: MPI FÜR CHEMISCHE ÖKOLOGIE

Hilfstruppen

stimmte flüchtige Inhaltsstoffe wahrgenommen werden, sind bei Räubern und Parasitoiden entweder angeboren oder aber erlernt. Das heißt: Die Verhaltensmuster entstehen, weil Räuber und Parasitoide das Auftreten bestimmter Duftsignale mit der Anwesenheit ihrer Beutetiere in Verbindung bringen.

Bisher wurde die „indirekte Abwehr“ bei Pflanzen nahezu ausschließlich im Labor untersucht. Die Frage, ob dieses Phänomen im Freiland überhaupt eine Rolle spielt, blieb zunächst offen. In zwei zusammenfassenden Artikeln äußerten sich Wissenschaftler kritisch zu den experimentellen Befunden und deren Bedeutung in nicht-landwirtschaftlichen Systemen. Die genetisch sehr homogene Struktur landwirtschaftlicher Kulturen könnte, so ihr Einwand, den Effekt der Abgabe flüchtiger Duftstoffe als Antwort auf Pflanzenfresser überbewerten und würde folglich nicht die Verhältnisse in genetisch vielfältigen natürlichen Systemen widerspiegeln. Zudem sind landwirtschaftliche Systeme sehr einfach strukturiert: Eine meist in Monokultur angebaute Kulturpflanzensorte wird nur von wenigen spezifischen Fraßfeinden attackiert, von diesen dann allerdings in großer Zahl. Und auch die Fraßfeinde wiederum werden nur von einigen wenigen Räuberarten gejagt. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Räuber die Zahl seiner Beutetiere kontrollieren kann, scheint in einem solchen „linearen“ System größer zu sein als in einem von komplexen Nahrungsnetzen geprägten natürlichen System.

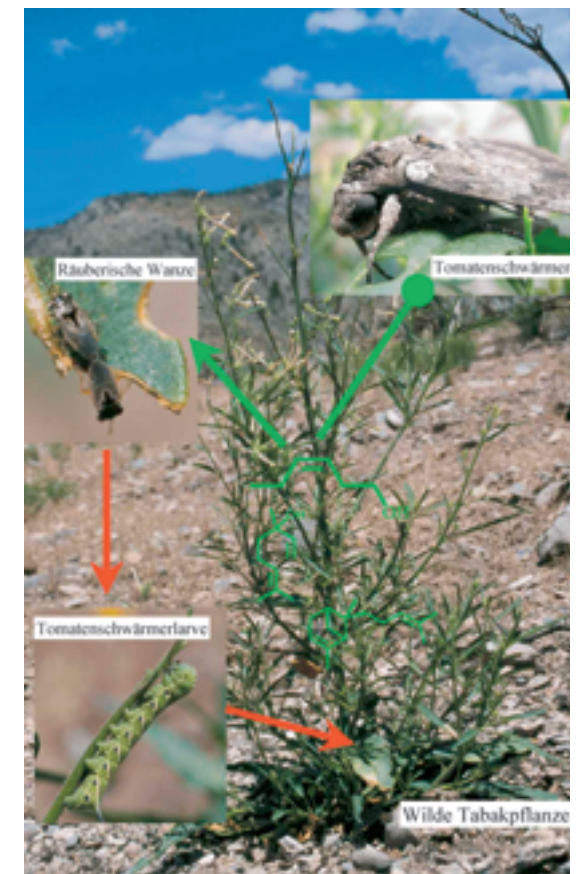
André Kessler und Ian Baldwin führten deshalb in der Great Basin

Desert im Südwesten der USA, einem natürlichen System mit entsprechender Biodiversität, eine Studie an wilden Tabakpflanzen (*Nicotiana attenuata*) durch. Sie sollte helfen, einige der wissenschaftlichen Kontroversen aufzulösen. Die Untersuchungen ergaben, dass die Abgabe von flüchtigen Pflanzeninhaltsstoffen sehr wohl auch in natürlichen Systemen vorkommt und weit reichende Konsequenzen hat. Die Wissenschaftler konnten diese Duftstoffe erstmals unter Feldbedingungen sammeln. Das Ergebnis: Wilde Tabakpflanzen reagieren auf den Befall von drei verschiedenen Arten von Pflanzenfressern – wie im Labor – mit der Abgabe einer Reihe flüchtiger Chemikalien.

Auf dieser Grundlage studierten André Kessler und Ian Baldwin nun das räuberische Verhalten einer Wanze. Deren bevorzugte Beute sind die Eier und Larven des Tomatenschwärmers *Manduca quinquemaculata*. Die beiden Forscher befestigten die Eier an Tabakpflanzen, die entweder mit einzelnen synthetischen Komponenten aus der zuvor analysierten Duftfahne oder aber mit Methyljasmonat behandelt worden waren.

Methyljasmonat ist eine Art Botenstoff, den die Tabakpflanze als Reaktion auf Gewebeschäden synthetisiert. Als Signalgeber kurbelt er die Biosynthese bestimmter Pflanzeninhaltsstoffe an. Sie ergeben schließlich einen Mix an Duftmolekülen, der dem durch Raupenfraß ausgelösten Duftsignal sehr ähnlich ist.

Darüber hinaus beobachteten die Wissenschaftler das Eiablageverhalten der weiblichen Tomatenschwärmer an den vorbehandelten Pflanzen. Sie stellten fest, dass an den



Eine von Larven des Tomatenschwärmers (*Manduca quinquemaculata*) angefressene wilde Tabakpflanze (*Nicotiana attenuata*) entlässt flüchtige chemische Verbindungen in die Umwelt. Damit lockt sie räuberische Wanzen zu ihrer Beute, den Schwärmer-Larven, und hält gleichzeitig weibliche Tomatenschwärmer von der Eiablage auf der duftenden Pflanze ab. Das Duftsignal hat also sowohl eine anlockende als auch eine abstoßende Wirkung – je nachdem, ob Freund oder Feind die Signalempfänger sind.

manipulierten Pflanzen nicht nur weniger Eier abgelegt wurden, sondern auch eine größere Zahl der angehefteten Eier den räuberischen Wanzen zum Opfer fielen. Das Terpenoid Linalool sowie Methyljasmonat lösten sogar diese beiden Effekte aus.

Die Studie belegt, dass sich die Duftsignale befallener Pflanzen aus vielerlei Substanzen mischen. Doch reichen einige wenige Stoffe aus, um eine Wirkung zu erzielen. Die Fähigkeit der Pflanze zur indirekten Abwehr von Fraßfeinden findet in der modernen intensiven Landwirtschaft nur wenig Beachtung, könnte jedoch bei der umweltfreundlichen Bekämpfung von Schadinsekten in Zukunft an Bedeutung gewinnen. CHRISTINA BECK